PHYSIOLOGY LABORATORY.
UNIVERSITY OF LIVERPOOL.

17·6·09

3

GIORNALE

DELLA

R. ACCADEMIA DI MEDICINA

DI TORINO

Pubblicato per cura della Presidenza

Istituto di Fisiologia della R. Università di Pisa
diretto dal prof. VITTORIO ADUCCO.

Sulla resistenza elettrica della retina di rana. Nota preliminare del dottor M. CAMIS. — *Comunicazione fatta alla Regia Accademia di Medicina di Torino, nella Seduta del 27 novembre* 1908.

ESTRATTO

dal volume XIV, anno LXXI, fascicolo 11-12.

TORINO
UNIONE TIPOGRAFICO-EDITRICE TORINESE
28 — Corso Raffaello — 28
ROMA — NAPOLI — MILANO
1908

3.

Istituto di Fisiologia della R. Università di Pisa
diretto dal prof. Vittorio Aducco.

Sulla resistenza elettrica della retina di rana. Nota preliminare del dottor M. CAMIS. — *Comunicazione fatta alla Regia Accademia di Medicina di Torino, nella Seduta del 27 novembre* 1908.

Le presenti ricerche furono istituite allo scopo di vedere se la resistenza elettrica della retina varia in funzione della intensità d'illuminazione, o della lunghezza d'onda delle luci monocromatiche. Esse costituiscono solo il primo anello di una lunga catena di ricerche, che mi propongo di eseguire, e che sono ispirate da considerazioni teoriche sulle quali non è ora il caso di entrare in particolari. Ricerca preliminare alla soluzione di questo problema si presentava naturalmente qnella del valore assoluto della resistenza elettrica della retina in condizioni di riposo.

Sulla conduttività elettrica dei tessuti animali noi possediamo le ricerche del Galeotti (1), il quale ha misurato col metodo di Kohlrausch, e valendosi di elettrodi speciali, la condnttività specifica di varii organi (muscoli, rene, fegato, milza, polmone, ecc.) in condizioni sperimentali diverse.

Ma sulla resistenza della retina non esistono, ch'io sappia, osservazioni di sorta. Il comportamento elettrico della retina è stato invece oggetto di numerose osservazioni rispetto alle forze elettromotrici che in essa si sviluppano, sotto l'azione di stimoli luminosi.

---

(1) G. Galeotti, *Ricerche sulla conducibilità elettrica dei tessuti animali* (*Lo Sperimentale*, 1901, LV, pag. 759-814).

Id., *Neue Untersuchungen ueber die elektrische Leitfähigkeit und den osmotischen Druck der tierischen Gewebe* (*Zeitschr. f. Biol.*, 1904, XLV, pag. 65-78).

Il primo che conobbe l'esistenza di tali fenomeni *fotoelettrici* fu l'Holmgren (1). Seguirono le belle ricerche di Kühne e Steiner (2) e poscia quelle di molti altri, fra i quali recentemente H. Piper (3), v. Brücke e Garten (4). I fenomeni fotoelettrici in parola non hanno bisogno di essere richiamati qui nei loro particolari: entrano in quella categoria di fenomeni, che furono ampiamente studiati nei muscoli e nei nervi e che sono noti sotto il nome di *corrente di riposo* e *corrente d'azione*, o sotto altre denominazioni, su cui non è ora il momento d'insistere. Fra le forze elettromotrici di sede neuro-muscolare e quelle di sede retinica l'analogia si è stabilita spontaneamente, in quanto la retina, sottoposta ad uno stimolo luminoso, si considera funzionante e la retina tenuta nell'oscurità si considera in riposo.

Se esistano variazioni nella resistenza dei tessuti, non è noto, nè a proposito della retina nè a proposito di altri tessuti. Anche le osservazioni del Galeotti (5) sulle variazioni della conduttività in rapporto alle attività funzionali dicono poco a tale riguardo: egli infatti osservò che la conduttività di un muscolo diminuisce quando esso, staccato dall'animale, perde la sua contrattilità; o quando la perde per essere stato sottoposto ad un lavoro esagerato. Ma queste condizioni d'esperienza non si può dire che riproducano stati funzionali: sono piuttosto patologiche e mi pare che le rela-

(1) F. Holmgren, *Ueber Sehpurpur und Retinaströme*. Tradotto dall'originale (*Läkare förenings Förhandlingar*, Upsala 1878) e pubblicato nelle *Untersuchungen aus d. physiol. Institute d. Univ.*, Heidelberg 1882, II, pag. 81-88.

(2) W. Kühne u. J. Steiner, *Ueber das elektromotorische Verhalten der Netzhaut*. (*Untersuchungen aus d. physiol. Institute*, Heidelberg 1880, III, pag. 327-377).

Id. Id., *Ueber electrische Vorgänge im Sehorgane* (*Untersuchungen aus d. physiol. Institute*, Heidelberg 1881, IV, pag. 64-168).

(3) H. Piper, *Untersuchungen über das elektromotorische Verhalten d. Netzhaut bei Warmblütern* (*Engelmann's Arch. f.* [*Anat. u.*] *Physiol.* 1905, vol. supp., pag. 133-192).

(4) E. T. v. Brücke u. S. Garten, *Zur vergleichenden Physiologie der Netzhautströme* (*Plüger's Arch.*, 1907, CXX, pag. 290-348). Oltre le fondamentali ricerche di Holmgren e del Kühne, ricordo solamente i lavori ultimi citati, giacchè in essi è riassunta la storia e riferita la letteratura dell'argomento.

(5) G. Galeotti, loco citato.

tive osservazioni sono piuttosto da mettere in rapporto con la interessante conclusione generale a cui giunge il Galeotti sull'aumento della resistenza per la morte dei tessuti.

Metodo di ricerca.

Per determinare la resistenza della retina ho dovuto naturalmente valermi della retina isolata. La difficoltà di isolare quest'organo delicato senza portarvi lesioni, che alterino il risultato della osservazione, ha indotto quasi tutti coloro, che studiarono i fenomeni fotoelettrici retinici, a sperimentare sopra tutto il bulbo oculare. Solamente Kühne e Steiner (1) cercarono di lavorare sulla retina isolata; ma questa tecnica è stata criticata da alcuni (2), tanto più che si è accertata la sua inutilità: le altre parti del globo oculare non entrano infatti nei fenomeni elettromotori, che hanno per sede esclusivamente la retina.

Queste considerazioni avrebbero potuto indurmi ad usare il globo oculare nella ricerca delle *variazioni* di resistenza; ed ancora sarebbe stato un inconveniente non piccolo quello di misurare le variazioni di una grandezza dalle variazioni di una somma, nella quale la grandezza studiata non è che piccola parte. Inoltre gli addendi di questa somma, che avrei dovuto considerare costanti — la resistenza cioè del vitreo, del cristallino e delle membrane oculari — possono anche presentare variazioni che non conosciamo, le quali, anche se previamente studiate, avrebbero aumentato notevolmente le cause d'errore. Ma dove necessariamente dovevo ricorrere all'isolamento della retina era nella misura assoluta della sua resistenza.

Con una certa cura, e dopo qualche esercizio, si può del resto isolare la retina senza portarvi lesioni meccaniche gravi. Il bulbo oculare di rana si enuclea secondo le regole comuni, avendo cura di asportarlo insieme con un breve moncone del nervo ottico, circa un millimetro. Si pratica, quindi, con un sottilissimo paio di forbici, una piccola incisura della sclerotica attorno all'entrata del nervo ottico, in modo da liberare questo, come aveva insegnato anche il

(1) Loco citato.
(2) H. Piper, Loco citato, pag. 136 e 143.

Kühne. Il globo si porta in una capsula contenente liquido nutritivo artificiale, preparato secondo la formula di Ringer-Locke, e, tenendovelo immerso, si pratica un taglio circolare lungo il margine corneale. Asportata la cornea ed il cristallino, si afferra con un sottile paio di pinze un punto del margine della sclerotica e con piccole scosse, aiutandosi con una spatolina smussa, che s'insinua dolcemente fra la sclera e la coroide, si isola facilmente la

Fig. 1.

sclerotica dalle altre due membrane oculari. A questo punto si afferra con una pinza il margine della coroide e si imprimono piccole e brusche scosse alle membrane, tenendole sempre immerse nel liquido. La retina si stacca in tal modo facilmente senza essere mai stata toccata direttamente.

La misura della resistenza elettrica della retina offre le solite difficoltà, inerenti ai fenomeni di polarizzazione, che così facilmente si formano nei tessuti organici al passaggio della corrente. Nel caso speciale poi la disposizione doveva essere tale da non sottrarre la retina all'azione della luce o delle variazioni di illuminazione.

Dopo aver tentato parecchi sistemi di elettrodi impolarizzabili e trasparenti, mi sono attenuto ad un piccolo apparecchio, la cui costruzione ricorda quella di alcune celle a selenio. Sopra una piccola lastra di ebanite A (fig. 1) sono disposti due fili di platino

in modo che ciascuno d'essi abbia un estremo ad un serrafilo, l'altro confitto in un punto qualunque della lastrina d'ebanite, isolato. Ciascuno dei due fili ha un decorso piuttosto circonvoluto, e i due fili sono sempre mantenuti alla distanza di circa un millimetro. in modo che tra essi, e quindi fra i due serrafili S_1 S_2 non vi sia contatto (1). È chiaro che, intercalando in un circuito questo apparecchio, il circuito resta interrotto, ma che, appoggiando sopra quel reticolato di fili di platino un corpo conduttore, il circuito si ristabilisce, e la corrente troverà in esso la resistenza data (oltre che dal resto dei fili) dal conduttore appoggiato sui fili.

Disponendo sopra il reticolato suddetto la retina isolata, sarà dunque facile determinarne la resistenza elettrica con uno dei metodi noti. Io naturalmente ho adottato — come aveva fatto il Galeotti — il metodo del Kohlrausch, che mi permetteva di diminuire, se non eliminare, gli inconvenienti dovuti alla polarizzazione; e mi sono servito di un ponte costruito dalla casa Hartmann e Braun, intercalando l'apparecchino descritto nel solito ramo della resistenza ignota.

La retina isolata veniva disposta sopra i fili di platino per mezzo di una spatolina e coperta con una lastrina di mica aggiustata in sottili scanalature praticate nei serrafili e nel piccolo battente di ebanite *b*. In tal modo venivano impediti eventuali spostamenti della retina, la quale era tenuta umida da una goccia di soluzione di Ringer-Locke, il cui eccesso si asportava con una strisciolina di carta bibula.

Determinazioni.

La resistenza dell'apparecchio e dei fili relativi, misurata mettendo al posto della retina una lastrina di rame, di resistenza praticamente nulla, era di Ohm 5,2.

Serie A. L'apparecchio, con la retina disposta nel modo indicato, è coperto subito con una cassettina di legno scuro e tenuto in tal modo nell'oscurità.

---

(1) Le parti del filo tratteggiate indicano, nella figura, l'andamento del filo attraverso la lastra d'ebanite: una seconda lastra fissata sotto la prima completa la cella, isolando i fili nella parte inferiore.

Di ogni retina si misura la conducibilità tre volte, variando sempre la resistenza nota nel ponte, con un intervallo di due minuti fra le singole determinazioni, e prendendo la media delle tre determinazioni.

Retina	N° 1	Resistenza in	Ohm	200
Id.	» 2	Id.	id.	168
Id.	» 3	Id.	id.	220
Id.	» 4	Id.	id.	200
Id.	» 5	Id.	id.	150
Id.	» 6	Id.	id.	150
Id.	» 7	Id.	id.	170
Media				179,7

Non è mai stato possibile, in queste determinazioni, ottenere il silenzio del telefono: il minimo era però nettamente limitabile in un tratto di mezzo centimetro, in media, del reocordo. Questo fatto non deve destar meraviglia, verificandosi ogni volta che si misura la resistenza di soluzioni colloidali e miste e particolarmente nel caso di tessuti organici (cfr. Galeotti, loc. cit., p. 764).

Allo scopo di accertarmi però che l'indeterminatezza notata non dipendeva da un difetto della disposizione sperimentale, ma da condizioni intrinseche della retina (probabilmente da fatti di polarizzazione, che non si possono completamente evitare neanche con una notevole frequenza nelle interruzioni dell'induttorio), ho ricorso all'espediente di aggiungere alla resistenza ignota una resistenza fissa e nota. Nel ramo del ponte, dove era intercalata la cella e la retina, intercalavo in serie una cassetta di resistenza, e misuravo, come il solito, la somma delle resistenze. Sottraendo dal valore misurato quello noto della cassetta, ottenevo quello della resistenza retinica. In questo modo il telefono dava un minimo assai più netto, giacchè le oscillazioni della resistenza della retina scomparivano di fronte alla forte resistenza costante. Tale espediente, che non farebbe altro che diminuire la sensibilità del metodo, rispetto alla misura di variazioni della grandezza studiata, mi servì solo a confermare il valore medio della resistenza della retina tenuta al buio.

Ecco infatti alcune misure:

		Resistenza addizionale	Resistenza totale	Resistenza retina
Retina	N° 8	1000	1150	150
Id.	» 8	500	650	150
Id.	» 8	500	660	160
Id.	» 8	900	1050	150
Id.	» 11	1000	1150-1200	150-200
Id.	» 12	1000	1150	150

Come si vede resta confermato che il valore medio della resistenza di una retina di rana sta fra 150 e 200 Ohm come risultava anche dalle precedenti misure.

Per studiare l'effetto delle varie condizioni di illuminazione ho adottato una disposizione, che non ha bisogno d'essere illustrata lungamente. Una lente reca l'immagine della fessura di un portasole sopra la retina, la quale è protetta da una cassetta di legno, nel cui fondo è adattata un'altra fessura da collimatore. Quando quest'ultima è chiusa, la retina resta al buio; quand'è aperta resta illuminata. Un prisma, disposto opportunamente sul percorso dei raggi luminosi, permette di proiettare sulla cassetta, contenente la retina, lo spettro, del quale per mezzo della seconda fessura si fa pervenire nell'interno della cassetta, e quindi sulla retina, solo i raggi della regione voluta. Ho anche alternato più semplicemente l'oscurità e la luce diurna diffusa, togliendo e rimettendo la cassetta di legno di cui mi servivo per tenere la retina al buio.

Dico subito che non mi è riuscito in alcun modo di accertare una variazione della resistenza retinica in funzione delle condizioni di illuminazione.

Trovo inutile riferire di queste esperienze negative più che qualche esempio:

		Resistenza al buio	Resistenza alla luce
Retina	N° 9	150	150
Id.	» 10	150	150
Id.	» 14	175	175
Id.	» 16	150	150
Id.	» 16	150	150
Id.	» 16	170	175

Come si vede la resistenza si conserva uguale per una stessa retina passando dall'oscurità alla luce. Facendo un numero grande

di determinazioni sulla stessa retina, essa perde la sua vitalità, e le misure non hanno più alcun valore per noi: con la morte della retina si ha, come accertò il Galeotti per gli altri tessuti, una diminuzione della conduttività.

Noto che due volte sole, fra tante determinazioni eseguite, ho avuto una variazione di resistenza, che si ripeteva nel medesimo senso al ritorno delle stesse condizioni di luce. Ma, mentre una volta osservai un aumento di resistenza per azione della luce, l'altra osservai una diminuzione.

			Resistenza
Retina 21	(8 giugno)	all'oscurità . . .	112
Id.	id.	alla luce diffusa . .	120
Id.	id.	all'oscurità . . .	112
Id.	id.	alla luce	120
Retina 25	(11 giugno)	alla luce	82
Id.	id.	all'oscurità . . .	106
Id.	id.	alla luce	82

La contraddizione fra queste due esperienze, il valore eccezionalmente basso della resistenza in questi casi, e soprattutto il non avere potuto osservare più mai fenomeni simili, mi fanno ritenere che questi due casi isolati si debbano considerare come dipendenti da cause d'errore, delle quali non so rendere conto.

Limitandomi quindi al metodo di misura da me seguito, che del resto è forse il più sensibile di cui oggi si disponga, credo di poter concludere:

a) che la resistenza elettrica della retina isolata di rana è in media di 175 Ohm.

b) che — nelle condizioni delle presenti indagini — la resistenza elettrica della retina non varia sensibilmente in rapporto con le diverse condizioni di illuminazione.